

---

---

**XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica  
25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante.**

---

---

## Un software FOSS para la gestión de las fotografías obtenidas por fototrampeo

B. Zaragoza<sup>ab1</sup>, A. Belda<sup>d</sup>, J. E. Martínez-Pérez<sup>c</sup>, J. Torres Prieto<sup>a</sup>, M. Fernández  
Moreno<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante.*

<sup>b</sup>*Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio "Ramón Margalef", Universidad de Alicante*

<sup>c</sup>*Laboratorio de cartografía de Recursos naturales, Universidad de Alicante.*

<sup>d</sup>*Dpto. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Universidad de Alicante.*

---

### Resumen

La constante innovación tecnológica y al abaratamiento de los dispositivos, han hecho que el fototrampeo se convierta en una técnica ampliamente utilizada para la realización de inventarios biológicos, generando gran cantidad de registros de alto interés ecológico. El principal objetivo de esta comunicación es presentar una herramienta de software libre (FOSS), desarrollada para facilitar el manejo de datos, obtenidos mediante fototrampeo en un espacio protegido de la Comunidad Valenciana. Así, a partir de un estudio iniciado en 2009, se ha analizado la composición de la comunidad de vertebrados en el Parque Natural de la Sierra de Mariola. Para la realización de los muestreos se han empleado cámaras de infrarrojos con sensor de movimiento (Moultrie Game Spy I-60®), obteniendo un total de 29,941 contactos que han servido para determinar la abundancia de las especies muestreadas en las 63 cuadrículas (2\*2 Km) establecidas en la zona de estudio. La aplicación FOSS, denominada "Camera Trap Manager", se ha diseñado para agilizar el tratamiento de esta información y funciona sobre la plataforma .NET, pudiendo ser utilizada en varios sistemas operativos. Además, este software dispone de un interfaz de usuario muy intuitivo, capacidad de extraer automáticamente distintos tipos de metadatos (fecha, hora, fase lunar, localización, temperatura, presión atmosférica, etc), basados en el estándar Exif; disponibilidad de listas taxonómicas para permitir a los usuarios etiquetar fácilmente las imágenes con las identidades de las especies, capacidad de análisis y creación de informes. El uso de esta aplicación ha permitido simplificar el procesado, análisis y edición de datos, consiguiendo una significativa reducción de los costes económicos y temporales. Mientras que en el procesado manual se alcanzaba una media de 55 fotografías/hora, el uso de esta herramienta permite procesar más de 1,000 fotografías/hora, obteniendo una mayor cantidad de información. Finalmente, se pone de manifiesto la gran utilidad de

---

<sup>1</sup> E-mail: benito.zaragozi@ua.es

esta aplicación, que puede ser adaptada a las necesidades de otros proyectos de gestión de fauna, haciendo su uso extensivo no solamente a los profesionales del sector, sino a todos aquellos que requieran procesar gran cantidad de imágenes de fototrampeo.

Palabras clave: fototrampeo; productividad; software libre y de código abierto; distribución geográfica;

---

## 1. Introducción

El fototrampeo es un método de seguimiento de fauna no invasivo y eficaz en casi cualquier condición de terreno. Entre sus ventajas también aparecen la exactitud de la identificación de las especies, así como la posibilidad de evaluar la edad, el sexo, la estructura de la población y la densidad en grandes extensiones (Silveira et al., 2003; O'Connell et al. 2011).

La mayoría de los métodos para el conteo de especies salvajes tienen dificultades al afrontar tres importantes características ecológicas de las especies: la escasez de individuos, la amplia gama de especies, y el secretismo de sus hábitos (Karanth & Nichols, 1998). Los censos tradicionales son eficientes y por lo general son económicos, aunque dependen de contar con condiciones ambientales adecuadas y con personal capacitado. De este modo, el fototrampeo puede resultar más costoso al principio, pero no es tan dependiente del ambiente, no requiere de un trabajo de campo continuado, e incluso la inexperiencia de los investigadores puede ser corregida más fácilmente (Silveira et al., 2003). Además, el uso de este método es particularmente importante en el estudio de especies raras, endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, en las que su seguimiento está restringido o incluso prohibido (Botello et al., 2007).

El uso de técnicas de fototrampeo puede tener ventajas interesantes pero también hay problemas de gestión de la información que son necesarios tener en cuenta: 1) la falta de sistematización y 2) el elevado volumen de datos.

Los estudios que utilizan técnicas de fototrampeo adolecen de aplicar poca estandarización y sistematización (Kelly, 2008). La sistematización de las imágenes obtenidas por fototrampeo facilitaría que éstas pudieran ser integradas en colecciones científicas, contribuyendo de manera significativa a su aprovechamiento en estudios globales de biodiversidad (Botello et al., 2007). A este respecto, es necesario hacer un repaso de las herramientas que puedan facilitar dicha sistematización y proponer una metodología de trabajo estándar.

Otro gran problema de gestión de datos del fototrampeo es el gran volumen de datos que deben ser procesados. Muchos proyectos emplean decenas de cámaras durante largos períodos de tiempo, produciendo decenas de miles de fotografías anuales en los proyectos medianos y hasta cientos de miles de fotos anuales para los proyectos más grandes (Barrueto et al., 2013). Todas estas fotografías deben ser procesadas y clasificadas previamente a poder realizar un análisis de la distribución geográfica de las distintas especies. La mayoría de los proyectos no tienen acceso a un departamento de Tecnologías de la Información, como sí sucede con el grupo *TEAM network* (Fegraus et al. 2011). Por este motivo, en algunos grandes proyectos todavía se trabaja en simples hojas de cálculo y anotaciones en las fotografías. Obviamente, cada proyecto habrá encontrado una solución más o menos práctica a estos dos problemas, pero muchos científicos están de acuerdo en que resulta caro emplear personal para procesar las fotos y que la automatización de estas tareas sería deseable (Barrueto et al., 2013).

En relación con los dos problemas anteriores, la mayor parte de los proyectos apenas realizan un control de calidad del procesamiento de datos, ya que esto encarece aún más el proceso (Barrueto et al., 2013). La falta de sistematización y las herramientas utilizadas puede llevar a incoherencias y errores en la introducción de los datos. Este problema se reduciría también con la automatización de los procesos en la medida de lo posible.

El objetivo principal de este trabajo es proporcionar una herramienta de software libre que facilite la gestión de las imágenes obtenidas por fototrampeo y su sistematización. La elección de software libre es importante ya que la herramienta ha de ser flexible y debe ser posible modificar el código según las necesidades particulares de cada proyecto. En primer lugar se han evaluado las opciones existentes y, a continuación, se ha desarrollado una aplicación de escritorio para la plataforma .NET. Finalmente, esta aplicación ha sido probada en un caso real, en el seguimiento de mamíferos en el Parque Natural de la Sierra de Mariola (SE España).

## **2. Metodología**

Los problemas señalados en la introducción son recurrentes y por ello existen varias alternativas de software específicos o combinaciones de software genéricos para ayudar a gestionar las fotografías obtenidas por fototrampeo (Harris et al., 2010; Sundaresan et al. 2011; Fegraus et al., 2011; Barrueto et al., 2013). Antes de pensar en realizar ningún desarrollo es preciso evaluar las diferentes posibilidades que existen.

### *2.1. Evaluación de alternativas*

En una primera propuesta, Harris et al. (2010) sugieren un sistema de gestión de las fotografías en tres etapas. En primer lugar, las fotos se organizan en carpetas según la ubicación de la cámara y renombradas automáticamente para que cada foto quede identificada por la fecha y hora en que fue tomada. En segundo lugar, el usuario revisa todas las fotos tomadas en cada lugar e identifica la especie y número de animales capturados en cada foto. El usuario debe mover manualmente cada foto a una subcarpeta creada manualmente. Las subcarpetas se organizan jerárquicamente, con una carpeta para el número de animales contenida dentro de una carpeta para esa especie. Por ejemplo, una foto de dos jabalíes se debería mover a la carpeta "C:\Lugar\Jabalí\2". En el tercer paso, se genera un archivo de texto que lista todos los archivos y directorios del proyecto (p. ej: comando dir de MS-DOS). Por último, se analiza la estructura de directorios y se resume en una hoja de cálculo, que puede ser analizada más adelante.

Sundaresan et al. (2011), comentan que la alternativa anterior acarrea varios problemas implícitos que serían fácilmente solucionables si se adaptara el trabajo de clasificación al uso de herramientas ágiles para la clasificación de imágenes de carácter general (Photospread y Picasa). Sin embargo, ninguna de las dos alternativas propuestas está pensada para realizar estudios de fototrampeo, lo que puede producir errores en el manejo y no tienen ninguna integración con herramientas SIG.

A continuación, Camera Base (Tobler, 2013) es la solución más reconocida y utilizada por los científicos. Funciona sobre Microsoft Access, con formularios personalizados para distintos tipos de proyectos y tiene predefinidos varios tipos de informes. El código es abierto, pero con la limitación de necesitar una licencia y tener que trabajar sobre un fichero \*.mdb, con las consiguientes limitaciones en el almacenamiento y gestión.

Posiblemente, la opción más completa y potente de todas las presentes en la bibliografía es la que presenta Fegraus et al. (2011), dentro de la infraestructura de la red TEAM (Tropical Ecology Assessment and Monitoring network). En dicho estudio se plantea todo lo que un software debería aportar necesariamente para facilitar la gestión de los datos de fototrampeo. DeskTEAM es su aplicación de escritorio y cumple con prácticamente todos los requisitos. Esta red permite la descarga de más de 1,500.000 fotografías de todo el mundo, por lo que es de suponer que habrán procesado bastantes millones de fotogramas con esta aplicación. Sin embargo, solamente se comparte el modelo de Objetos, pero no se comparte el código funcional<sup>2</sup>.

Más recientemente, Barrueto et al (2013) han valorado que la mejor alternativa para proyectos con presupuestos modestos es la de preparar formularios personalizados sobre Microsoft Access (similar a Camera Base). En su proyecto pueden llegar a gestionar más de 300.000 fotografías de pasos de fauna en parques naturales de Canadá. Sin embargo, esta opción queda limitada por basarse en una base de datos relacional no-geográfica, lo que imposibilita crear informes donde la componente espacial es importante (derivar ESRI shapefiles y otros formatos, cartografía, estadísticas por localización, etc).

De las alternativas comentadas en el apartado anterior ninguna cumple con todos los requisitos deseables señalados por Fegraus et al. (2011). Por este motivo, se ha tomado la decisión de desarrollar el prototipo de una herramienta nueva, que agilice el proceso de gestión de las fotografías y obtención de modelos de distribución geográfica.

## 2.2. *Diseño e implementación de CameraTrap Manager*

El diseño de la aplicación y las librerías necesarias es reflejo fiel de los datos que se puede extraer de las imágenes obtenidas con cámaras de fototrampeo (ver Fig. 1). El desarrollo se ha realizado en C#, sobre la plataforma .NET, utilizando como apoyo únicamente proyectos libres y de código abierto, todo bajo licencia GPL (General Public License).

La mayor parte del código desarrollado sirve para extraer datos de manera automática, lo que supone un ahorro efectivo de tiempo para el investigador. En primer lugar, las cámaras digitales actuales almacenan mucha información de utilidad entre los metadatos de los ficheros de imagen (Exif, IPTC, XMP, entre otros formatos). En este prototipo solamente se han aprovechado los metadatos Exif (Exchangeable image file format), que son los que registran información de las condiciones en las que se capturó la fotografía, incluyendo coordenadas GPS, condiciones de luz o temperatura ambiente, entre muchos otros datos, siempre que estos sensores estuvieran conectados a la cámara en el momento que se tomó la fotografía. En segundo lugar, las imágenes tomadas por estos dispositivos, o con cámaras más antiguas pueden contener datos estampados, que no se encuentren entre los metadatos digitales. La solución ha consistido en utilizar una potente librería para reconocimiento de caracteres (OCR), llamada Tesseract 3.0<sup>3</sup>, que se ocupa de interpretar los caracteres alfanuméricos de regiones delimitadas de las fotografías. En el caso de la Fig. 1, mediante OCR se han podido recuperar datos de presión, temperatura ambiente y el nombre de la cámara dentro del proyecto. En tercer lugar, es posible derivar nuevos datos mediante el análisis de los metadatos anteriores. Por ejemplo, conociendo la fecha en la que se tomó la foto es posible calcular la fase lunar, que es un dato de interés en

---

<sup>2</sup> <https://code.google.com/p/deskteam/>

<sup>3</sup> <http://www.pixel-technology.com/freeware/tessnet2/>

ciertos estudios de mamíferos. También es importante destacar que la integración con los SIG está asegurada con el tratamiento de las coordenadas GPS, utilizando NettopologySuite<sup>4</sup> para componer geometrías estándar y realizar consultas espaciales.



Fig.1. Datos de interés en las fotografías obtenidas por fototrampeo.

Por otro lado, hay datos que no pueden ser extraídos automáticamente con un grado de fiabilidad aceptable. En nuestro caso, la especie y el conteo son los únicos datos que el operador deberá introducir manualmente, apoyándose en las herramientas del interfaz de usuario. En otros proyectos será necesario también poder identificar a los animales individualmente por su nombre propio, género, entre otras variables.

El interfaz gráfico de la aplicación busca simplificar al máximo la intervención del técnico. Se trata de un entorno creado utilizando *Windows Forms* que muestra más opciones en función del estado del proyecto. La aplicación funciona sobre la base de un ESRI Shapefile que describe los límites de la zona de estudio. A continuación, existe un asistente para la creación de una retícula que sirve para organizar la distribución de las cámaras (*stations*) y como marco para el cálculo de estadísticas e informes.

<sup>4</sup> <https://code.google.com/p/nettopologysuite/>

Una vez definido el proyecto, se importan las fotografías (*samples*) a la cámara correspondiente (*station*). Durante el proceso de importación, las fotografías se guardan en la base de datos del proyecto (SQLite), se extraen todos los metadatos y se realizan los cálculos necesarios. El proceso es bastante rápido y tarda, en un ordenador portátil común, unos 30 segundos para cargar alrededor de 200 fotografías.

Finalmente, una vez importadas todas las fotografías, el usuario puede empezar a trabajar con el teclado para desplazarse por el listado de imágenes y con el ratón para seleccionar la especie y el recuento (ver Fig. 2).



Fig.2. Ventana principal de CameraTrap Manager.

A medida que avanza el procesado de los datos, el usuario dispone de diversas herramientas para aumentar la productividad (p. ej., Listas taxonómicas autocompletables y personalizables) y puede etiquetar las fotografías (*samples*) en función de su validez. Esta distinción se puede ver fácilmente mediante un código de iconos (ver *treeview* en la Fig. 2).

Una vez procesada toda la información, el CameraTrap Manager permite crear distintos tipos de informes (ver Fig. 3), en distintos formatos (SIG, Excel, PDF), aprovechando toda la potencia de LINQ (Language-Integrated Query) para crear las estadísticas necesarias.

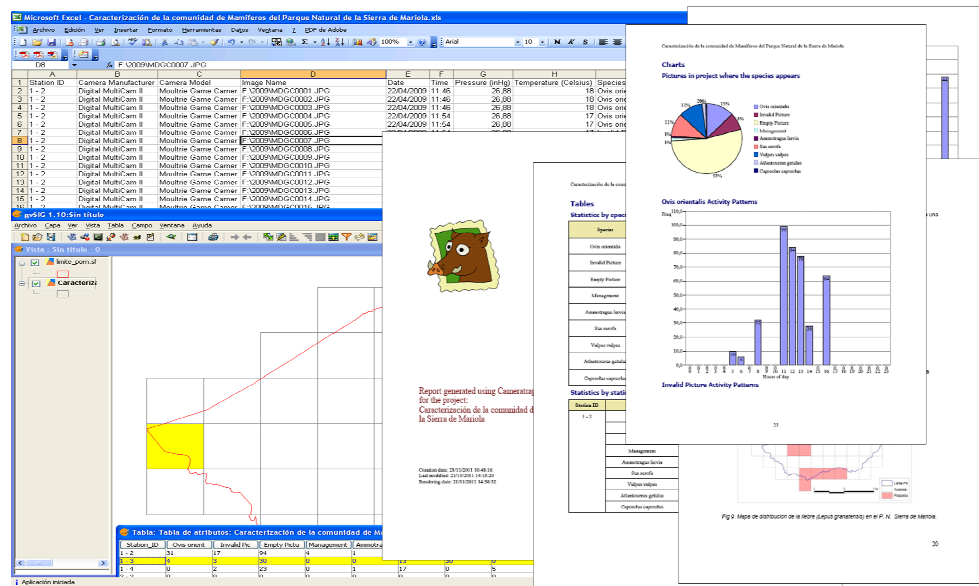


Fig. 3. Informes proporcionados por CameraTrap Manager, vistos en Microsoft Excel, gvSIG y un PDF. Este último incluyendo metadatos del proyecto, gráficas, mapas y tablas.

### 2.3. Caso de estudio

La herramienta propuesta ya nos ha resultado de utilidad en varios proyectos de este grupo de investigación (Belda et al., 2009; Belda et al., 2012). Sin embargo, hay un proyecto que destaca en cuanto al volumen de datos y complejidad. Desde 2009 se ha analizado la composición de la comunidad de vertebrados en el Parque Natural de la Sierra de Mariola (ver Fig. 4). Para la realización de los muestreos se han empleado cámaras de infrarrojos con sensor de movimiento (Moultrie Game Spy I-60 ®), obteniendo más de 20.000 fotografías anuales que han servido para determinar la abundancia de las especies muestreadas en las 63 cuadrículas (2\*2 Km) establecidas en la zona de estudio. Este volumen de trabajo hacía necesaria la automatización de la gestión de los datos extraídos mediante fototrampeo.

El CameraTrap Manager ha sido probado en distintas ocasiones con los datos de este proyecto, logrando una aumento notable en la productividad de la gestión de imágenes (>1000 fotografías/hora) y pudiendo terminar algunos informes de gestión del Parque Natural de la Sierra de Mariola en un tiempo razonable (2-3 semanas).

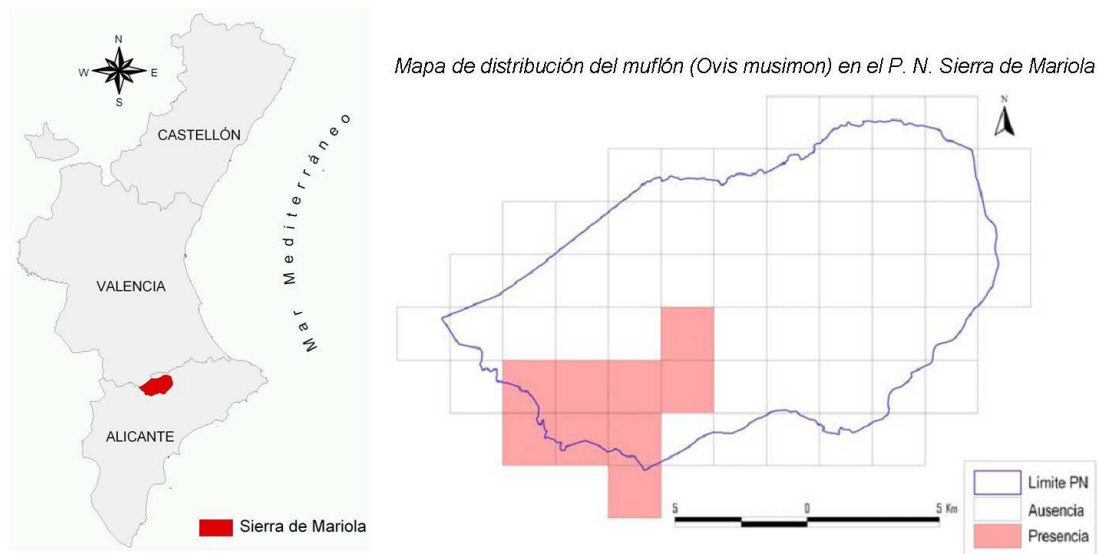


Fig. 4. a) Localización de la zona de estudio (izquierda) y b) mapa de distribución realizado con datos provenientes de cámaras de fototrampeo.

### 3. Resultados y discusión

El principal resultado de este trabajo es el código fuente de la aplicación y sus librerías, con licencia de software libre (FOSS), General Public License (GPL)<sup>5</sup>. El proyecto completo y funcional se encuentra disponible para su descarga en la plataforma GitHub<sup>6</sup>. Así pues, es posible modificar y mejorar el proyecto colaborativamente para un uso general o también es se podría adaptar partes del código para proyectos concretos.

Evidentemente, es imprescindible maximizar la productividad en el procesado de las fotografías obtenidas por fototrampeo. Esto permite agilizar los análisis de la distribución geográfica de distintas especies y preparar modelos predictivos, en un tiempo razonable, para incorporarlos en estudios de planificación y ordenación del territorio. Lamentablemente, no existen suficientes estudios que hablen de la productividad alcanzada en estas tareas previas, necesarias para la elaboración de modelos de distribución de la fauna basados en técnicas de fototrampeo. Según Barrueto et al. (2013), utilizando un formulario personalizado sobre una base de datos de Microsoft Access, los colaboradores menos habituales de su proyecto son capaces de clasificar aproximadamente 500 fotografías/hora, mientras que un técnico que se dedique regularmente a este trabajo es capaz de clasificar entre 700-1000 fotografías/hora, de media. En nuestro caso de estudio, se han obtenido resultados muy interesantes en cuanto a la productividad alcanzada con el CameraTrap Manager. Mientras que con procesado manual se alcanzaba una media de 55 fotografías/hora (extrayendo 6

<sup>5</sup> <https://github.com/benizar/cameratrapmanager/blob/master/LICENSE>

<sup>6</sup> <https://github.com/benizar/cameratrapmanager>



variables), el uso de esta herramienta permite procesar más de 1.000 fotografías/hora, obteniendo además una mayor cantidad de información de manera automática (más de 30 variables, entre metadatos, OCR y cálculos derivados). Esta productividad se obtiene únicamente cuando el personal está capacitado, familiarizado con los protocolos, las especies y sabiendo cómo resolver algunos de los problemas de identificación que pueden surgir.

#### 4. Propuestas de trabajo futuro

Existen muchas mejoras que se podrían incorporar en próximas versiones del CameraTrap Manager, no hay que olvidar que se trata de un prototipo. Sin embargo, aquí queremos comentar aquellas más relacionadas con la Geomática.

Uno de los pocos desarrollos que podrían aumentar aún más la productividad general, sería el desarrollo de algoritmos de clasificación automática o semiautomática de las imágenes, es decir herramientas basadas en el aprendizaje automático (*Machine Learning*) que funcionan mejor cuanto más se utilizan. Solamente con que se pudiese clasificar un pequeño porcentaje de las imágenes como vacías (p. ej., porque la cámara se activó por el viento), el ahorro de tiempo en un proyecto medio sería muy importante.

Otra cuestión que se ha tenido en cuenta es la posibilidad de que este software pudiese funcionar en dispositivos móviles. Esto sería especialmente interesante en ciertos grupos de trabajo, en ubicaciones remotas o con limitaciones en el acceso a electricidad. Las principales posibilidades pasan por modificar el proyecto actual para que funcione sobre dispositivos con SO Windows Phone, o incluso migrar todo el proyecto a Java y que trabaje sobre dispositivos Android.

Evidentemente, todas estas mejoras dependen de la posibilidad de colaborar con otros proyectos de biodiversidad y gestión de fauna, a poder ser proyectos que gestionen un gran volumen de imágenes y no dispongan de recursos humanos para procesarlo en un tiempo razonable.

#### Referencias

- Barrueto, M., Clevenger, A. P., Dorsey, B., & Ford, A. T. (2013). A better solution for photo-classification, automatic storage and data input of camera data from wildlife crossing structures. In International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2013) (pp. 1–11). Scottsdale, Arizona, USA.
- Belda, A., Arques, J., Martínez-Pérez, J. E., Peiró, V. & Seva, E. (2009). Análisis de la biodiversidad de fauna vertebrada en el Parque Natural de la Sierra de Mariola mediante fototrampeo. *MEDITERRÁNEA*, 20, 9-34p.
- Belda, A., Zaragoza, B., Martínez-Pérez, J. E. & Arques, J. (2012). Distribución de la garduña, *Martes foina* (Erxleben, 1777) en el Parque Natural de la Sierra de Mariola (C.Valenciana). In VII Congreso Español de Biogeografía. Las zonas de montaña: gestión y biodiversidad (pp.196-202) Girona, Spain.
- Botello, F., Monroy, G., Illoldi-rangel, P., Trujillo-bolio, I., & Sánchez-Cordero, V. (2007). Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha. *Revista Mexicana De Biodiversidad*, 78, 207– 210.
- Fegraus, E. H., Lin, K., Ahumada, J. a., Baru, C., Chandra, S., & Youn, C. (2011). Data acquisition and management software for camera trap data: A case study from the TEAM Network. *Ecological Informatics*. doi:10.1016/j.ecoinf.2011.06.003
- Harris, G., Thompson, R., Childs, J. L., & Sanderson, J. G. (2010). Automatic Storage and Analysis of Camera Trap Data. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 91, 352–360. doi:10.1890/0012-9623-91.3.352
- Karanth, K. U., & Nichols, J. D. (1998). Estimation of Tiger Densities in India Using Photographic Captures and Recaptures. *Ecology*, 79(8), 2852–2862. doi:10.1890/0012-9658(1998)079[2852:EOTDII]2.0.CO

- Kelly, Marcella J. & Holub, Erika L. (2008). Camera Trapping of Carnivores: Trap Success Among Camera Types and Across Species, and Habitat Selection by Species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern Naturalist* 15(2), 249-262.
- O'Connell, A. F., Nichols, J. D., & Ullas Karanth, K. (2011). *Camera traps in animal Ecology* (1st ed., p. 263). New York: Springer.
- Silveira, L. (2003). Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation*, 114(3), 351–355. doi:10.1016/S0006-3207(03)00063-6
- Sundaresan, S. R., Riginos, C., & Abelson, E. S. (2011). Management and Analysis of Camera Trap Data: Alternative Approaches. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 92, 188–195. doi:10.1890/0012-9623-92.2.188
- Tobler, M.W. (2013). Camera base version 1.6. <http://www.atrium-biodiversity.org/tools/camerabase/>